

Im laufenden Jahre (1914) wurden aus Sohlen bei Dodendorf am 29. April unserer Versuchsstation kleine Käferlarven mit folgendem Begleitschreiben übersandt:

„Beifolgende Maden fand ich auf einem Ackerplane in grossen Mengen. Dieser Acker hat im vorigen Jahre Weizen mit Gelbklee-einsaat zur Gründüngung getragen. Diese Maden fand ich auch im Vorjahr auf einem Ackerstück, auf welchem Roggen mit Gelbklee gewachsen war. Auf diesen Acker drillte ich Cichorien und ist ein Teil derselben durch die Maden zerstört.“

Dieselben Larven waren bei uns bereits am Tage vorher (28. IV.) aus Mahndorf bei Halberstadt eingegangen. Wir nahmen die Tiere aus beiden Sendungen in Zucht und haben aus den Larven des erst erwähnten Einganges am 26. Mai zwei Imagines erhalten, die wir als *Sitona lineata* erkannten.

Für die biologischen Verhältnisse dieses Schädlings ergibt sich sonach folgender Tatbestand: Larven von *S. lineata* wurden von uns beobachtet Ende April, daraus entschlüpften Ende Mai die Imagines. Im Freien wurden Imagines festgestellt Mitte April und Mitte Mai, ferner im letzten Drittel des Juli und August.

Wir haben also auch bei uns in Deutschland offenbar jene von den englischen Entomologen beobachtete Generationsfolge, bei der die Larven Anfang Mai zur Verpuppung schreiten und Ende Mai die Imagines liefern.

Ob die ausgangs Juli und im August beobachteten Imagines einer anderen Generationsfolge angehören oder als zweite Generation mit der eben geschilderten genetisch verbunden sind, darüber müssen wir uns vorerst noch eines Urteils enthalten.

Zur Vorbeuge von Schädigungen durch die im April von uns beobachtete Larvengeneration an Cichorien oder auch Rüben ist eine etwas spätere Aussaat der von *Sitona* bedrohten Pläne ins Auge zu fassen, da dadurch infolge der gegen Ende April oder Anfang Mai eintretenden Verpuppung die Schadenperiode der Larve auf eine sehr kleine Zeitspanne eingeschränkt wird. Auch würde es gut sein, das Saatgut in befallenen Ackerstücken etwas zu vermehren.

### *Bau und Wirkungsweise der Punktaugen bei Acridium aegypticum* L.

Von Prof. Dr. R. Tümpel, Hagen i. W.

Ueber die Bedeutung der Punktaugen bei den Insekten sind zahlreiche Hypothesen aufgestellt, die alle wenig befriedigend sind und sich z. T. widersprechen;<sup>1)</sup> dabei hat man den Fehler gemacht, aus vielleicht nur oberflächlichen Feststellungen bei einer Art Schlüsse zu ziehen, die für alle Insekten gelten sollten; das war der eine Fehler bei diesen Erklärungsversuchen; ein anderer bestand in der Vernachlässigung eines sehr wichtigen Teiles der Punktaugen; zwar hat man den Bau und Ver-

<sup>1)</sup> Absichtlich soll hier nicht näher auf die Literatur über die Punktaugen eingegangen werden; sie ist so widerspruchsvoll und enthält z. T. so unbegründete Behauptungen, dass eine auch nur einigermaßen eingehende Behandlung dieser früheren Literatur weit über den geplanten Umfang dieser Arbeit hinausgehen würde.

lauf der Nerven der Punktaugen bei verschiedenen Arten genau festgestellt, aber die genaue Untersuchung der Linsen, dieses äussers wichtigen Teils der Punktaugen, hat man vernachlässigt; aus dem optischen Verhalten, das sich genau feststellen lässt, lassen sich aber wichtige und gut begründete Schlüsse auf die Wirkungsweise der Punktauger überhaupt ziehen. Daher habe ich bei der Heuschrecke *Acridium aegypticum* L. den Bau der Linsen der Punktaugen und ihre optische Wirkungsweise genauer untersucht; aus ihnen ergibt sich dann eben ein Schluss auf ihre Wirkung.

*Acridium* besitzt 3 Punktaugen, 2 seitliche, die dicht neben den Netzaugen stehen und ein mittleres, ungefähr in der Mitte der Vorderseite des Kopfes. Die Punktaugen zeigen hinsichtlich des Linsenbaues 2 Typen; eine Bauart kommt hauptsächlich bei den Männchen, die andere bei den Weibchen vor, doch scheinen hier auch Abweichungen vorzukommen.

Ich beginne mit den beiden seitlichen Punktaugen. Figur 1 zeigt

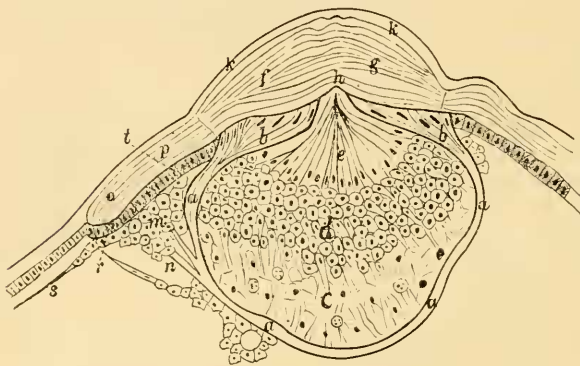


Fig. 1.

den Durchschnitt durch die Mitte eines seitlichen Punktauges, eines Weibchens, so gelegt, dass der Fühler durch ihn gerade noch mit getroffen wird; der Eintritt des Sehnervs ist auf ihm nicht zu sehen. Er tritt ein in eine kapselförmige Erweiterung (Fig. 1 a), die sich bei b eigentümlich verzweigt und dort verschiedene Kerne erkennen lässt. In dieser

Kapsel kann man 3 Schichten unterscheiden. Der Linse *fg* am nächsten liegt eine Schicht langer farbloser Zellen (*e*), auf diese folgt eine Schicht rundlicher, dunkler gefärbter Zellen (*d*) mit grossen Kernen, manche der Zellen haben einen länglichen Fortsatz nach dem Augengrund zu; diese Zellen erscheinen häufig in zur Linse senkrechten Reihen undeutlich geordnet; endlich folgt eine dritte Schicht *c*; sie scheint aus undeutlichen Nervensträngen zu bestehen, enthält einzelne Kerne und ist heller gefärbt.

Aus dem Bau dieses Nervs lässt sich nichts über die Bedeutung der Punktaugen erkennen. Nun aber die Linse *fg*; sie ist nach aussen ziemlich stark gewölbt; ihre Innenseite scheint auf verschiedenen Schnitten ganz verschieden zu sein; man überzeugt sich jedoch, dass diese Verschiedenheit meist eine nur scheinbare ist, vorgetäuscht durch die verschiedene Schmitttrichtung; die meisten Linsen haben eine ganz kurze Einkerbung *h* auf der Innenseite, die in der Regel etwa parallel der eigentümlichen gelben Längsstreifung der Netzaugen verläuft. Diese Form der Linse in Fig. 1 ist also nur auf Schnitten zu sehen, die durch die Mitte der Linse gehen und die kurze Einkerbung senkrecht schneiden. Im übrigen besteht die Linse aus einer dünnen Aussenschicht *kk*; die

innere Substanz der Linse, die die Hauptmasse der Linse ausmacht, und die durchaus verschieden von der dünnen Aussenschicht ist, ist stark geschichtet; die Schichtung schmiegt sich der Innen- und Aussenseite der Linse genau an. Hervorzuheben ist, dass es aber auch Linsen gibt, die nicht genau diesen Bau haben; die meisten von mir untersuchten Linsen der seitlichen Punktaugen haben aber Einkerbungen auf der Rückseite, sodass die Innenseite stets in mehrere Felder zerteilt ist. Die hier beschriebenen 2 Linsen sind was die Gestalt ihrer hinteren Grenzfläche betrifft gewissermassen 2 extreme Fälle. Welches ist nun die optische Wirkung dieser eigentümlichen Bauart? Zur Erläuterung diene Fig. 2. Es sei *ABC* ein Bündel paralleler Lichtstrahlen, die

von einem entfernten Gegenstand auf die Vorderseite der Linse ab auf-fallen; an dieser Vorderseite werden sie beim Eintritt in die Linse zum Einfallslot hingebrochen; die äussere Schicht der Linse hat dann Brechungs-exponent 1,56; dementsprechend ist hier auch der Gang der Lichtstrahlen eingezeichnet. Im Innern der Linse lässt sich der Gang der Lichtstrahlen nicht genau angeben, da, wie schon bemerkt, die Linse geschichtet ist; in-dessen weichen die Brechungs-exponenten der ein-zelnen Schichten nicht all-zusehr von einander ab; genau lassen sie sich auch schwierig bestimmen; der Gang der Lichtstrahlen im

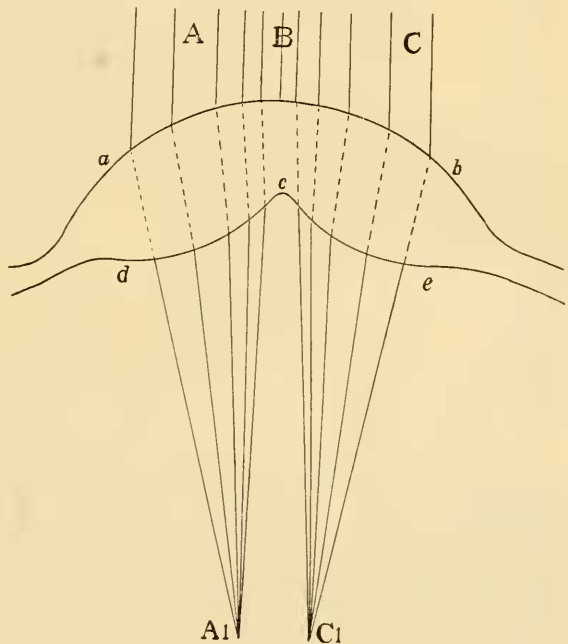


Fig. 2.

Innern der Linse sind daher nur punktiert angegeben; die punktierten Linien geben aber mit ausreichender Genauigkeit den Verlauf der Strahlen im Innern der Linse wieder. Beim Verlassen der Linse wird das Licht, weil jetzt ein optisch dünneres Medium, die Nerven, folgt, vom Einfallslot abgebrochen und die Strahlen der Teilbündel A und C vereinigen sich in 2 Brennpunkten  $A_1$  und  $C_1$ ; die Strahlen des Teilbündels B treten divergent aus, weil bei c die Linse eine konkave Krümmung hat. Bei dieser Ableitung ist die gewöhnliche elementare Betrachtung des Ganges der Lichtstrahlen in einer Linse zu Grunde gelegt, die hier mit genügender Annäherung die Vorgänge erläutert. Streng genommen vereinigen sich ja nur unendlich dünne Strahlenbündel in einem Punkt nach dem Durchgang durch eine Linse. Die Linse eines so gebauten seitlichen Punktauges bei *Acridium* hat also 2 Brennpunkte und liefert daher 2 Bilder. Man kann die Linse bei *Acridium* nachahmen, wenn man 2 kleinere plankonvexe Linsen auf eine grössere plankonvexe Linse

legt; man überzeugt sich leicht, dass diese Linsenkombination 2 Bilder eines Gegenstandes liefert. Von Interessé würde es sein, feststellen zu können, in welcher Zellschicht die Bilder zu liegen kommen.

Die Bilder, die das Punktauge liefert, sind leicht unter dem Mikroskop zu beobachten; sie liegen nebeneinander in gleicher Entfernung von der Linse. Man hat nur die Nervschicht hinter der Linse zu beseitigen, die Linse durch einen hängenden Tropfen, die Aussen-seite dem bilderzeugenden Gegenstand zugekehrt zu befestigen und bei mässiger Vergrösserung zu beobachten. Man könnte nun meinen, durch die Einstellungs-differenz, die nötig ist, um von der beobachteten Hinter-seite der Punktaugenlinse zu dem von der Linse erzeugten Bild zu gelangen, den Abstand des Bildes von der Linse beim lebenden Insekt zu messen. Dieses würde jedoch ein Irrtum sein. Die Lage des Bildes von der Linse hängt vom Brechungsexponent der Substanz hinter der Linse ab. Von welcher Grösse dieser Brechungsexponent beim lebenden Tiere ist, lässt sich kaum feststellen, daher weiss man auch nicht, welchen Brechungsexponent man der Flüssigkeit geben soll, aus welcher man den hängenden Tropfen bei der Untersuchung der Bilder, erzeugt durch die Punktaugenlinse, geben soll. Dieser Fehler würde bei dem Versuch so die Lage der Bilder zu bestimmen, nicht der einzige Fehler sein. Die durch die Linse vom beobachteten Gegenstand eindringenden Strahlen passieren zuerst die Linse, dann die Flüssigkeit des hängenden Tropfens, dann das Deckglas und dann die Luft bis sie zum Okular gelangen. Hierdurch erleiden sie verschiedene Brechungen. Der im Mikroskop beobachtete scheinbare Abstand zwischen Linse und Bild ist daher eben wegen dieser Brechungen ein anderer als der tatsächlich vorhandene Abstand zwischen Linse und Bild.

Abstandsmessungen zwischen Punktaugenlinse und Bild haben nur ergeben, dass die Brennweiten der Linse, d. h. die Bilder entfernter Gegenstände, hier etwa 1—2 m entfernter, recht weit von der Linse weg liegen, die reellen Bilder also noch weiter, auf jeden Fall mindestens in der Schicht *d* der Fig. 1. Sämtliche von mir untersuchte Linsen gaben 2 Bilder, manche sehr deutliche, manche weniger deutliche, aber immer waren es zwei Bilder.

Auf eine eigentümliche Beschaffenheit der Linse in Fig. 1 sei noch hingewiesen. Die Verzweigungen der Linsenkapsel bei *b* Fig. 1 sind in der Regel stark pigmentiert. Bei einem Tiere, das über Nacht in einem Kasten gehalten, dann im dunklen Zimmer schnell getötet wurde zeigte sich diese Pigmentierung merkwürdig verteilt; sie hatte sich zusammengezogen zu einzelnen Klumpen und die Mehrzahl dieser Zellen war ganz hell gefärbt. Demnach würde dieses Pigment eine irisähnliche Einrichtung sein und die Zellen bei *b* würden die Wanderung des Farbstoffes bewirken. Leider habe ich nur bei einem Tier die Feststellung machen können, da mir weitere lebende Tiere zur Zeit nicht zur Verfügung standen. Hingewiesen sei noch auf einen höchst merkwürdigen Teil des Punktauges. Bei *m* liegt ausserhalb der kapselförmigen Erweiterung des Punktauges eine Zellgruppe, die durch *n* mit dem Sehnerv verbunden ist; sie wird nach aussen hin durch eine eigentümliche Verbreiterung *op* der Linse überdeckt, die aus derselben Substanz wie die Linse besteht, allerdings wie ihr abgegrenzt ist; bei *s* setzt sich die Nervenmasse *m* in einen Nervenstrang fort, der merk-

würdiger Weise zum Ganglion des benachbarten Fühlers führt. Eine Lichtwirkung ist hier ausgeschlossen, der flache Bau dieses Linsenteils bewirkt keine Lichtkonzentration, vor allem ist aber diese Zellgruppe durch die stark gefärbten Hypodermiszellen überdeckt, sodass das Licht überhaupt nicht zu diesen Zellen dringen kann.

Besonders merkwürdig ist aber, dass auch im Netzauge bei *Acridium* eine entsprechende Bildung vorkommt. Im Winkel zwischen Netzauge und Punktauge (Fig. 3) hören die Sehstäbe *a* an einer bestimmten Stelle auf, mit ihnen die Corneafacetten *c*; die äussere Chitinbedeckung verdickt sich dann bei *g* und statt der Sehstäbe treten lange Nervenstränge auf, die sich von dem Nerven *e* abzweigen, von welchem auch die Sehstäbe *a* ausgehen. Eine Lichtwirkung ist hier auch ausgeschlossen, denn Corneafacetten und Krystallkegel fehlen, ebenso die Pigmentierung, welche die Sehstäbe so charakteristisch zeigen. Da die Netzaugen mit den seitlichen Punktaugen durch verschiedene Nervenstränge in Verbindung stehen, und diese wieder mit den Fühlern, so stehen diese Stellen auch mit den Fühlern in Verbindung. Ueber die Bedeutung dieser eigentümlichen Organe lässt sich kaum etwas sagen.

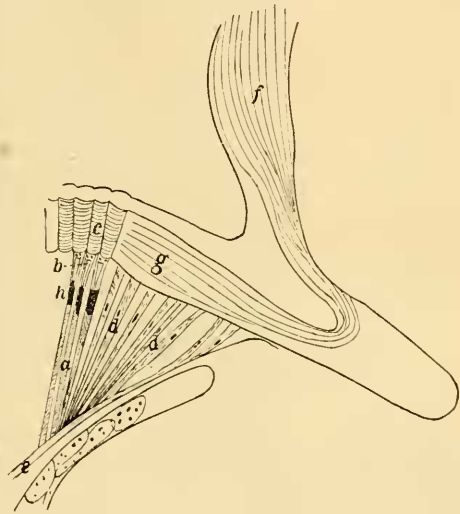


Fig. 3.

Sie sind den Augen zugeordnet, diese sind für Strahlen, für Lichtstrahlen, eingerichtet; sollten sie auch für Strahlen empfindlich sein? Für Lichtstrahlen nicht, wie schon ausgeführt; vielleicht liesse sich an Wärmestrahlen denken, die sehr wohl von den gefärbten Hypodermiszellen hindurchgelassen werden könnten, denn es gibt absolut undurchsichtige Körper, die ungehindert alle Wärmestrahlen durchlassen wie z. B. Hartgummi; diese Organe würden dann in Verbindung mit den Fühlern, mit denen sie ja durch Nervenstränge verknüpft sind, Organe für Temperaturempfindung sein. Diese Vermutung ist aber nur eben eine Vermutung, durch keine Beobachtung sonst gestützt. Zu bemerken ist noch, dass die Krystallkegel gerade da in dem Netzauge aufhören, wo der letzte Strahl an dem benachbarten Punktauge vorbeipassierend, das Netzauge noch erreichen kann.

Die Nervensubstanz des mittleren Punktauges ist ganz ähnlich angeordnet wie bei den seitlichen Punktaugen, jedoch fehlt das Nebenorgan *m*; ihre Beschreibung würde kaum etwas Neues bieten. Die Linsen der Punktaugen können aber auch noch einen anderen Bau zeigen, der, soweit meine Beobachtungen reichen, hauptsächlich beim Männchen vorkommen scheinen, und zwar bei den mittleren und bei den seitlichen Punktaugen.

Figur 4 zeigt die Linsenmitte im senkrechten Durchschnitt; bei *z* hat also die Linse eine merkwürdige Hervorwölbung; im übrigen ist

die hier abgebildete Linse eine konkavkonvexe Linse; ihre Substanz ist ebenfalls deutlich geschichtet und die Schichtung folgt den Grenzflächen der Linse.

Fig. 5 zeigt den schematischen Durchschnitt einer solchen Linse mit eingezeichneten Strahlenverlauf.  $A B A$  sei ein Bündel paralleler Strahlen. Die Strahlen  $A A$  treffen die vordere Grenzfläche der Linse, werden hier zum Einfallslot hingebrochen und treten dann in die geschichtete Linsensubstanz ein;

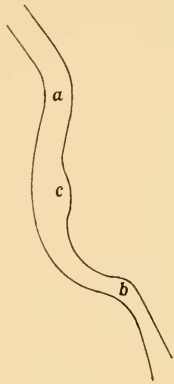


Fig. 4.

hier ist es schwer den Weg genau anzugeben, da die Brechungsverhältnisse der einzelnen Schichten schwierig zu bestimmen sind, daher ist der Gang der Strahlen auch hier nur punktiert gezeichnet; die Strahlen verlassen dann die hintere Grenzfläche der Linse und vereinigen sich zu dem Bilde in  $A_1$ . Die mittleren Strahlen  $B$  des Bündels nehmen zuerst den entsprechenden Weg wie die Strahlen  $A A$ , treffen aber in der Rückseite der Linse den eigentümlich hervorgekrümmten mittleren Teil, werden hier stärker gebrochen als

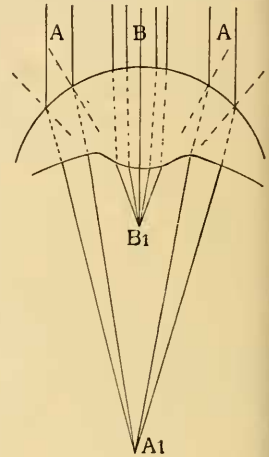


Fig. 5.

die Strahlen  $A A$ , eben wegen der stärkeren Krümmung der hinteren Grenzfläche und vereinigen sich im Punkte  $B_1$  zum Bilde. Eine so gebaute Linse entwirft also 2 hintereinander liegende Bilder eines Gegenstandes. Merkwürdig ist, dass Dujardin<sup>1)</sup> 1847 und 1867 angenommen hatte, dass die Linse der Punktaugen eine Reihe von Bildern hinter der Linse entwirft; allerdings sollte diese Annahme für alle Punktaugen nicht nur für die von *Acridium* gelten, was unzutreffend ist; ausserdem war seine Erklärung nicht richtig. Leicht kann man sich experimentell von dieser Wirkung einer so gebauten Linse überzeugen, wenn man eine grössere und eine kleinere plankonvexe Linse mit den ebenen Seiten aufeinander legt und die Bildererzeugung eben durch eine Kerzenflamme untersucht; die 2 hintereinander liegenden Bilder lassen sich dann leicht auf einem Schirm auffangen. Die entsprechenden hintereinander liegenden Bilder kann man im Mikroskop beobachten, wenn man das mittlere Punktauge bei *Acridium* herauschneidet, von der Nervenmasse reinigt und im hängenden Tropfen untersucht. Manche Linsen lassen gut beide Bilder erkennen, manche besser das entferntere grössere, manche besser das nähere kleinere, aber es waren auch hier immer 2 Bilder zu erkennen und zwar war, um das nochmals hervorzuheben, das nähere Bild das kleinere und das entferntere das grössere.

Bei der Wirkungsweise der Punktaugen sind auch die Netzaugen mit zu berücksichtigen, denn es ist von vornherein nicht unwahrscheinlich, dass sie in irgend einer Beziehung zu einander stehen. Untersucht man die Netzaugen von *Acridium aegypticum*, indem man etwa einen wagrechten Schnitt durch beide Augen legt, so sieht man, dass die Krystall-

<sup>1)</sup> Vergl. hierüber M. F. Dujardin in C. R. Academie Sc. Vol. 25 und in Annales des Sciences naturelles 1867 Zoologie.

kegel und die sich daran schliessenden Sehstäbe ausserordentlich stark nach vorne konvergieren; in der Nähe des Kopfes wird dadurch ein Sehraum geschaffen, in welchem ein Gegenstand beide Netzaugen erregen kann; diese Stellung der Sehstäbe dient wohl nach allgemeiner Annahme zur Lokalisation, zur Abmessung der Entfernung, denn dazu dient doch das binoculare Sehen. In verhältnismässig kurzer Entfernung vom Auge hört aber der Raum auf, in welchem sich die Richtungen der Krystallkegel kreuzen; hier kann also nicht mehr mit den Netzaugen lokalisiert werden. Es werden zwar auch von Gegenständen, die über den Raum der sich kreuzenden Krystallkegelrichtungen hinausliegen Sehstäbe beider Netzaugen erregt, aber diese so erregten Sehstäbe sind die sich selbst parallel genau nach vorne gerichteten Sehstäbe; diese sind an Zahl nur sehr gering; die Erregung kann nur gering sein und die Lokalisation wird eben wegen der geringen Erregung nicht stattfinden können. Würden die Netzaugen beweglich sein, wie die Augen der Wirbeltiere, so könnte der binoculare Sehraum verschoben werden; das ist aber nicht der Fall und darum brauchen die Netzaugen eine Ergänzung, um diesen Fehler auszugleichen. Man geht wohl nun nicht fehl, wenn man den Punktaugen, von denen jedes 2 Bilder, wie wir gesehen haben, liefert, diese Ergänzung zuschreibt. Die Punktaugen vom Typus der Fig. 4 zeigen noch eine Eigentümlichkeit. Das zweite grössere Bild liegt weit nach hinten; nähert sich der Gegenstand der Linse, so rückt das Bild von der Linse weg; es ist nicht unmöglich, dass beim Eintritt des Gegenstandes in den binocularen Sehraum der Netzaugen dieses zweite entferntere Bild der Punktaugen überhaupt den Raum der lichtempfindlichen Zellen verlässt, da dieses Bild überhaupt tief im Innern des Auges liegt und somit sich der Wahrnehmung des Tieres entzieht; in einer gewissen Entfernung kurz vor den Netzaugen würde also die Lokalisation des Punktauges aufhören und die der Netzaugen dafür eintreten. Bei den Punktaugen vom Typus der Fig. 1 ist noch eine physikalische Eigentümlichkeit hervorzuheben. Nähert sich der Gegenstand der Linse, so rücken die beiden Bilder der Linse auseinander, wie eine einfache geometrische Betrachtung oder wie die oben beschriebene Nachahmung der Linse experimentell zeigt. Die grössere oder geringere Nähe der Bilder ist wohl für das Tier der Nervenreiz, der die Abschätzung der Entfernung bewirkt. Ähnliches gilt auch von den beiden hintereinander liegenden Bildern der Punktaugen vom Typus der Fig. 4. Das nähere Bild wandert, da der ihm entsprechende Brennpunkt der Linse näher liegt langsamer, wie das entferntere Bild und auch hier gibt wohl die Lage der beiden Bilder den die Entfernung abmessenden Reiz. Selbstverständlich sind diese ganzen Darlegungen nicht so gemeint, dass die Heuschrecke die verschiedenen Bilder des einen Gegenstandes auch als verschiedene Sinnesindrücke empfindet, sondern für das Tier werden sich natürlich alle Bilder zu einem Sinnesindruck verschmelzen.<sup>1)</sup>

Alles zusammenfassend will die vorliegende Untersuchung das Folgende zeigen. Jedes Punktauge bei *Acridium aegypticum* L. gibt zwei Bilder. Diese Bilder dienen zur Lokalisation; derartige Einrichtungen sind nötig, da die Netzaugen nicht beweglich sind und ihren

<sup>1)</sup> Vergl. hierzu: R. Tümpel, Die Bedeutung des vorderen Punktauges bei *Aeschna juncea* L. usw. in dieser Zeitschrift, Bd. VIII, Heft 5 und 6—7, 1912.

binocularen Sehraum nicht nach Bedürfnis verschieben können; die Punktaugen dienen also dazu, Fehler der Netzaugen die mit ihrem Bau zusammenhängen auszugleichen.

Figuren-Erklärung:

- Fig. 1. Durchschnitt durch das seitliche Punktauge bei *Acridium aegypticum* L. *a* Kapsel, gebildet durch den Sehnerv, *b* Verzweigung ihrer Wandung, *c d e* Zellen und Verzweigungen der Nervensubstanz im Inneren der Kapsel *a*, *f g* Linse, *k* ihre äussere Schicht, *h* Einkerbung der Linse auf der Rückseite, *m* Nebenorgan des Punktauges, *n* Nervenverbindung, *o p* Verbreiterung der Linse die *m* überdeckt, *s* Nervenverbindung mit dem Fühler, *r t* Hypodermiszellen.
- Fig. 2. Schematischer Durchschnitt durch die Linse eines seitlichen Punktauges von *Acridium aegypticum* L.
- Fig. 3. Ein dem Punktauge benachbarter Teil des Netzauges von *Acridium aegypticum* L. *a* 3 Sehstäbe, *b* die Krystallkegel, *c* die Corneafacetten, *d* Verzweigungen des flächenhaften Nervs *e*, *f* Punktauge, *h* Pigment der Sehstäbe.
- Fig. 4. Durchschnitt durch die Linse des mittleren Punktauges eines Männchens von *Acridium aegypticum* L. Schnitt senkrecht durch die Mitte der Linse. *a b* Linse, *c* Hervorwölbung auf der Rückseite der Linse.
- Fig. 5. Schematische Linse eines mittleren Punktauges bei *Acridium* mit eingezeichneten Strahlen.

### Der Winterschlaf unserer Schmetterlinge.

Von Professor Dr. v. Linstow.

Wenn im Herbst das Laub der Bäume sich gelb färbt, wenn die Tage kürzer werden und die Luft kälter und kälter wird, sehen wir die Tierwelt mehr und mehr verschwinden; ist aber der Winter eingetreten, bedeckt Schnee das Gefilde, so erscheint sie fast ausgestorben; von den Tieren, die unseren Blicken entschwunden sind, sind viele in einem Winterschlaf gefallen, andere sind fortgezogen.

Von den Säugetieren schlafen die Fledermäuse alle; sie hängen mit dem Kopf nach unten in altem Gemäuer; das Eichhörnchen schläft in einem seiner Baumnester und erscheint nur selten an besonders sonnigen Wintertagen; im Erdinnersten schlafen der Igel, die Spitzmäuse, der Hamster, das Murmeltier, dessen Schlaf 9—10 Monate dauern kann, in Nestern über der Erde der Baumschläfer, der Gartenschläfer, die Haselmaus, der Siebenschläfer, der 7 Monate schlafen soll.

Bei den Vögeln kommt kein Winterschlaf vor; das Flugvermögen befähigt diejenigen, welche bei uns den Winter nicht überdauern können, warme Gegenden aufzusuchen.

Die Reptilien und Amphibien halten alle einen Winterschlaf; die Kreuzotter hat man zusammengerollt in Erdlöchern gefunden, mitunter 25—30 Tiere nebeneinander. Die Frösche verkriechen sich im Herbst tief in den Schlamm der Teiche, Seen und Wiesengräben, die Kröten ruhen in Erdlöchern.

Einen Winterschlaf halten die Fische nicht; manche entwickeln sogar im Winter ihre grösste biologische Regsamkeit, da sie dann laichen; zu den Winterlaichern gehören die meisten der lachsartigen Fische. Andere ziehen sich im Winter zu dichtgedrängten Scharen zusammen und suchen die tiefsten Stellen der Seen auf, um dem Temperaturwechsel des Wassers zu entgehen. Bekanntlich folgt das Wasser nicht dem allgemein gültigen Gesetz, sich zusammenzuziehen je mehr es abgekühlt wird; bei  $+4^{\circ}$  hat es seine grösste Dichtigkeit, bei weiterer Abkühlung bis  $0^{\circ}$  dehnt es sich wieder aus, und so wird verhindert,